



**ЖАКСЛЫКОВА САНИЯ АСКАРОВНА**

**ОПТИМИЗАЦИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ  
ВТОРИЧНОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСОПРОДУКТОВ**

Специальности: 03.01.06 - Биотехнология (в т.ч. бионанотехнологии)  
05.18.04 - Технология мясных, молочных и рыбных продуктов  
и холодильных производств

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Казань 2016

Работа выполнена на кафедре технологии пищевых производств федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (КНИТУ).

**Научные  
руководители:**

доктор технических наук, профессор,  
Решетник Ольга Алексеевна,  
доктор технических наук, доцент  
Хабибуллин Рустем Эдуардович

**Официальные  
оппоненты:**

Панфилов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», заведующий кафедрой биотехнологии  
Криштафович Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор, автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Центрсоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», заведующая кафедрой «Товароведение и экспертиза товаров»

**Ведущая  
организация:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»

Защита диссертации состоится «21» декабря 2016 года в 14:00 часов на заседании объединенного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 999.097.02 на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по адресу: 420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 68, зал заседаний Ученого Совета (А-330)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» и на сайте [www.kstu.ru](http://www.kstu.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета  
Д 999.097.02



Степанова  
Светлана  
Владимировна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность работы.** Образующееся при переработке сельскохозяйственных животных вторичное белоксодержащее сырье, в частности субпродукты, недостаточно рационально используются при производстве мясных изделий. Эффективность их переработки снижена в связи с наличием таких существенных недостатков, как упроченная морфологическая структура, несбалансированность аминокислотного состава белковой фракции, низкая усвояемость, неудовлетворительные сенсорные характеристики, недостаточные функционально-технологические свойства и высокая обсемененность сапрофитной и санитарно-показательной микрофлорой.

Один из путей решения этой проблемы связан с биотехнологической модификацией и трансформацией мясного сырья, в частности с микробной ферментацией, позволяющей направленно регулировать ход физико-химических и микробиологических процессов, в результате которых формируются потребительские свойства готового продукта. Условия проведения процесса биотрансформации определяют ее результат, в связи с чем совершенствование технологического процесса представляется целесообразным проводить с применением методов математического моделирования и оптимизации технологических процессов.

### **Цель и задачи исследования.**

Целью диссертационного исследования является экспериментальное обоснование и оптимизация процесса биотехнологической трансформации вторичного белоксодержащего сырья для производства комбинированных мясных продуктов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи исследования:

1. Экспериментально обосновать применение экзогенной молочнокислой ферментации для улучшения санитарно-гигиенических, биохимических, функционально-технологических свойств говяжьих субпродуктов;
2. Сформулировать и решить задачу оптимизации условий биотехнологической трансформации вторичного белоксодержащего сырья, обеспечивающих максимальную эффективность протеолиза исследуемых субпродуктов;
3. Разработать технологический процесс получения пищевой белковой композиции из говяжьих субпродуктов;
4. Экспериментально обосновать использование биотрансформированного сырья в технологиях комбинированных мясопродуктов и решить задачу оптимизации их состава с учетом органолептических, стоимостных, функционально-технологических показателей и биологической ценности белка;
5. Усовершенствовать технологии производства вареных колбас и рубленых полуфабрикатов с использованием биотрансформированных субпродуктов, провести их промышленную апробацию и обосновать экономическую эффективность разработанных технологий.

**Научная новизна работы.** Впервые показана антиоксидантная активность исследованных бактериальных заквасок в отношении свободных радикалов 1,1-дифенил-2-пикрилгидразила (ДФПГ), зависящая от фазы роста бактериальных культур. Показан преимущественно внеклеточный характер локализации компонентов, определяющих эту активность.

Экспериментально показано положительное влияние экзогенной молочнокислой ферментации субпродуктов на их биохимические, санитарно-гигиенические, функционально-технологические и органолептические свойства.

При помощи ортогонального центрального композиционного планирования определены регрессионные уравнения зависимости степени деструкции белка от режимных параметров биотрансформации. Методом обобщенного градиента найдены оптимальные значения продолжительности ферментации, количества вносимой закваски и соотношения ее микробных компонентов.

**Практическая значимость работы.** Разработаны рекомендации по оптимизации условий микробной биотрансформации мякотных говяжьих субпродуктов.

Разработана программа для расчета и оптимизации состава мясопродуктов на основе показателя биологической ценности и стоимости компонентов сырья.

Определено оптимальное соотношение биотрансформированных субпродуктов в пищевой белковой композиции и оптимизирован состав комбинированных мясопродуктов с ее использованием на основе органолептических, функционально-технологических характеристик, биологической ценности белка и стоимости компонентов сырья.

Разработан и утвержден опытно-промышленный технологический регламент процесса биотехнологической трансформации вторичного белоксодержащего сырья путем экзогенной молочнокислой ферментации (№ 01/17-34-2015).

Разработан пакет нормативно-технической документации для производства ряда мясных изделий, апробированных на мясоперерабатывающем предприятии «ИП Мутигуллин Р.М.» (г. Мамадыш, РТ) и в Филиале ОАО «ВАМИН Татарстан» «Алексеевский молочноконсервный комбинат» (п.г.т. Алексеевское, РТ).

Расчетный экономический эффект от внедрения пищевой белковой композиции в технологиях вареных колбас и рубленых полуфабрикатов составляет 3788 и 1496 тыс. рублей в год при сменной производительности 3 тонны в смену.

**Апробация результатов работы.** Результаты исследований опубликованы в трудах, доложены и обсуждены на общероссийских конференциях с международным участием «Пищевые технологии и биотехнологии» (Казань, 2012-2015 гг.), «Пищевые продукты и здоровье человека» (Кемерово, 2012 г.), «Разработки РФ по приоритетным направлениям развития науки, технологии и техники (Челябинск, 2012 г.), «Современные подходы к индустрии питания и гостеприимства» (Казань, 2013 г.), на ежегодных научных сессиях КНИТУ (Казань, 2012-2015 гг.), на Международной научно-практической конференции «Биотехнология и качество жизни» (Москва, 2014 г.).

Результаты работы отмечены дипломом и медалью за научную работу «Биотрансформированные экзогенной молочнокислой ферментацией говяжьих субпродукты второй категории в технологиях мясных изделий», представленную на конкурсе молодых ученых на лучшую научно-исследовательскую работу в рамках VIII Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития» (Москва, 2015).

**Публикации.** По результатам научных исследований опубликовано 13 печатных работ, в том числе 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения и четырех глав, включая обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты исследований и их анализ, выводы, список литературы и приложения. Работа изложена на 172 страницах машинописного текста, содержит 35 рисунков и 17 таблиц. Список литературы включает 152 источника, в том числе 42 иностранных.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность рассматриваемой проблемы переработки сырья животного происхождения и целесообразность проведенных исследований, сформулирована цель работы, охарактеризована научная новизна и практическая значимость.

В **главе 1 «Анализ состояния проблемы переработки вторичного мясного сырья и биотехнологические методы ее решения»** дана характеристика мясных субпродуктов с точки зрения их физико-химических, санитарно-гигиенических, функционально-технологических и органолептических свойств, представлен анализ основных направлений переработки и выявлены проблемы эффективного использования на пищевые цели. Рассмотрен биотехнологический способ улучшения потребительских и функциональных свойств данного сырья под действием ферментативной активности бактериальных заквасок, приведены литературные данные о биотехнологических свойствах молочнокислых бактерий и бифидобактерий с точки зрения их перспективности для биотрансформации вторичного белоксодержащего сырья. Подробно рассмотрены механизмы протеолитического действия микроорганизмов на мясное сырье, их антагонистической активности в отношении санитарно-показательных микроорганизмов и антиоксидантной активности в отношении активных форм кислорода, доказывающие перспективность экзогенной молочнокислой ферментации для улучшения свойств вторичного мясного сырья.

В **главе 2 «Материалы и методы»** представлены основные этапы проведения экспериментальных исследований, дана характеристика объектов исследований и описаны использованные методы анализа. Схема выполнения экспериментальных исследований представлена на рисунке 1.

Объектами исследования на разных этапах работы являлись:

- говяжьи субпродукты: рубец, легкое и селезенка, полученные из лаборатории ветеринарно-санитарного контроля колхозного рынка № 2 г. Казани;

- монобактериальные лиофилизированные закваски молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum* 8P-A3, бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum*, Christian Hansen Safe Pro B-LL-20 (*Pediococcus acidilactici*);

- полибактериальные лиофилизированные закваски для производства сыровяленых и сырокопченых колбас и мясопродуктов: Christian Hansen Bactoferm F-SC-111 (*Staphylococcus carnosus*; *Lactobacillus sakei*), Schaller Start Star (*Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus carnosus*), Danisco Texel DCM-1 (*Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosus*);

- сапрофитные и условно-патогенные микроорганизмы: а) *Serratia marcescens*, б) *Escherichia coli*, в) *Klebsiella sp.*, г) *Staphylococcus epidermidis*, д) *Staphylococcus aureus*, е) *Listeria monocytogenes*, ж) *Bacillus cereus*, з) *Salmonella sp.*, использовавшиеся в качестве тест-культур при определении антагонистической активности.

В исследованиях использованы физико-химические, микробиологические, биохимические, гистологические, сенсорные методы исследований с помощью аттестованных методик, допущенных для целей научного, государственного и производственного аналитического контроля.

Статистическую обработку результатов проводили в соответствии с принятыми методиками (ГОСТ Р ИСО 5725-1 – 5725-6 – 2002).



Рисунок 1 – Общая схема проведения исследований

В главе 3 «Экспериментальное исследование и оптимизация биотехнологической трансформации говяжьих субпродуктов» представлены результаты исследования биотехнологических свойств бактериальных заквасок и их влияние на свойства субпродуктов, на основе которых разработана биотехнология их трансформации с получением пищевой белковой композиции.

Эффективность биотехнологической трансформации субпродуктов главным образом определяется биотехнологическими свойствами бактериальных заквасок, которые оценивали по показателям роста клеточной популяции, антагонистической, антирадикальной и протеолитической активностям.

Учитывая товарную форму используемых заквасок в виде лиофилизированных препаратов, в первую очередь изучали и оптимизировали процесс их реактивации с обоснованием выбора накопительной среды. В исследовании использовали ряд рекомендованных селективных сред для молочнокислых бактерий и бифидобактерий (среда Блаурокка, среда Мана-Рогоза-Шарпа (МРС)), а также сред, распространенных в производственной практике (модельные среды на основе творожной сыворотки и на основе молока).

Выбор среды осуществляли по биохимической активности заквасок, в частности по активной и титруемой кислотности ферментационной среды и динамике роста микробной популяции. По результатам исследований все бактериальные закваски (на примере бифидобактерий: рисунки 2, 3) при культивировании на среде на основе творожной сыворотки, обогащенной глюкозой и цистеином, показали лучшую кислотообразующую активность и скорость роста. Кроме того, эта среда характеризуется наименьшей стоимостью, простотой приготовления и доступностью компонентов.

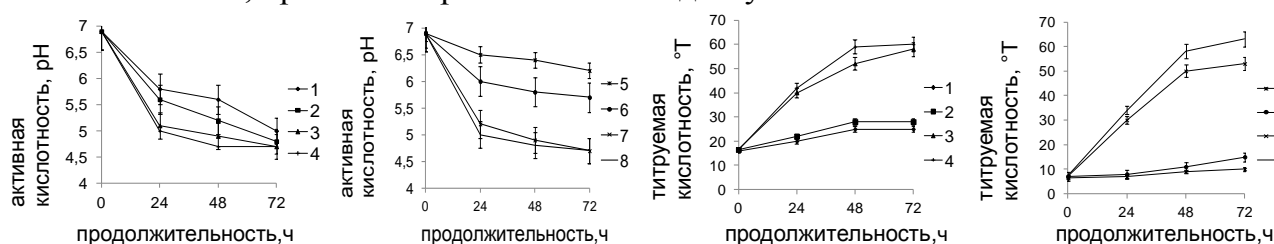


Рисунок 2 – Влияние питательной среды на динамику кислотообразующей способности *B. bifidum*: 1 – среда на основе молока, 2 – среда на основе молока с глюкозой, 3 – среда на основе молока с цистеином, 4 – среда на основе молока с глюкозой и цистеином, 5 – среда на основе творожной сыворотки, 6 – среда на основе творожной сыворотки с глюкозой, 7 – среда на основе творожной сыворотки с цистеином, 8 – среда на основе творожной сыворотки с глюкозой и цистеином

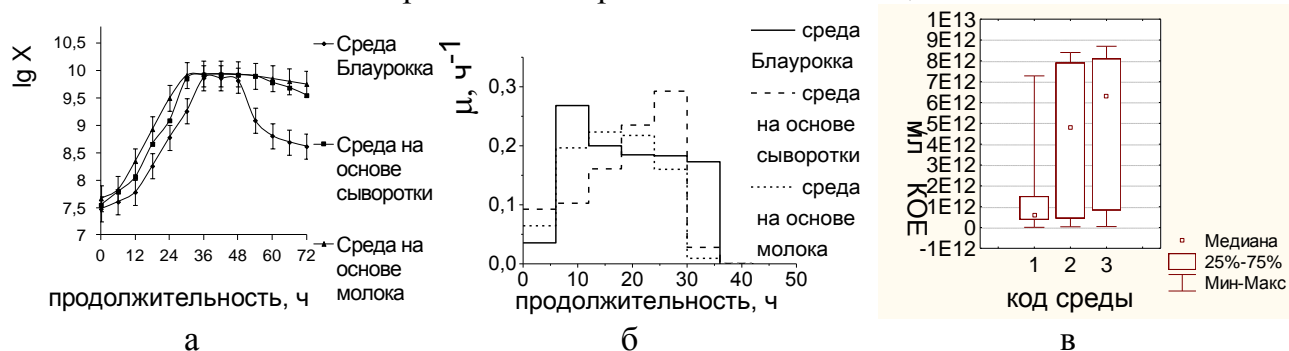


Рисунок 3 – Характеристики роста *B. bifidum* на жидких средах: а – накопление биомассы; б – удельная скорость роста; в – график распределения концентраций биомассы *B. bifidum*

С целью выявления экспоненциальной фазы роста, в которой отмечается максимальная деструктивная активность микроорганизмов, были изучены

характеристики роста бактериальных заквасок на выбранной питательной среде (рисунок 4).

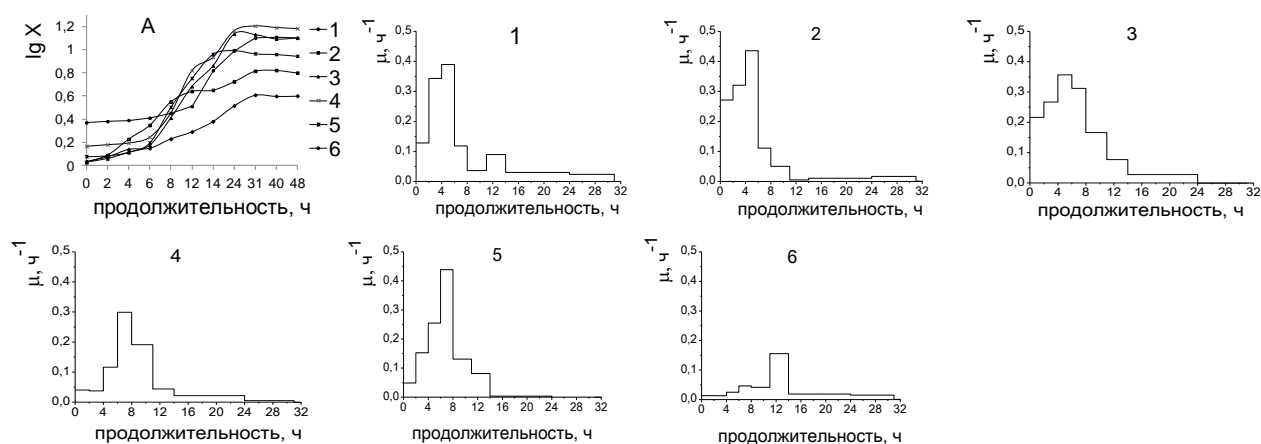


Рисунок 4 – Характеристики роста бактериальных заквасок на среде на основе твoroжной сыворотки: А – динамика роста; (1 – 6) – удельные скорости роста: 1 – Christian Hansen Safe Pro B-LL-20, 2 – Christian Hansen Bactoform F-SC-111, 3 – Schaller Start Star, 4 – Danisco Texel DCM-1, 5 – *L. plantarum* 8P-A3, 6 – *B. bifidum*

Результаты показывают, что экспоненциальные фазы роста исследуемых культур длятся с 4 по 31 час, максимальная удельная скорость роста молочнокислых бактерий наблюдается в промежутке между 4-м и 8-м часом, бифидобактерий – с 11 по 14 час. В связи с этим для дальнейших исследований использовалась биомасса заквасок в экспоненциальной фазе роста на 16 и 24 час культивирования, соответственно.

Одним из ценных технологических свойств молочнокислых заквасок является угнетающее действие в отношении сапрофитной и санитарно-показательной микрофлоры. Антагонистическую активность (АА) бактериальных заквасок в отношении ряда сапрофитных и условно-патогенных микроорганизмов оценивали *in vitro* двумя методами: диффузионным методом блоков и суспензионным методом в жидких питательных средах. Результаты, определенные суспензионным методом, представлены на рисунке 5.

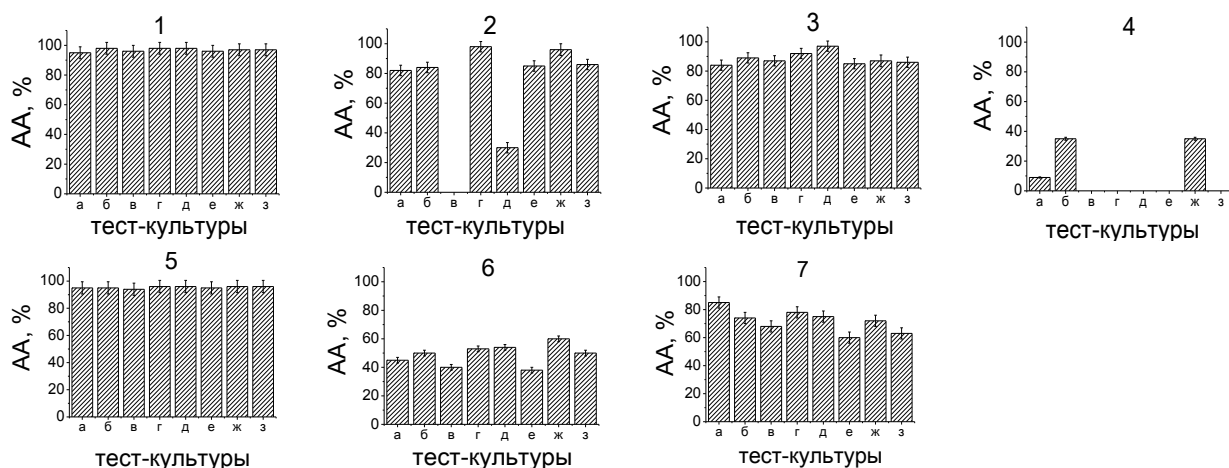


Рисунок 5 – Антагонистическая активность (АА) бактериальных заквасок в отношении тест-культур, определенная суспензионным методом. Тест-культуры: а) *Serratia marcescens*, б) *Escherichia coli*, в) *Klebsiella sp.*, г) *Staphylococcus epidermidis*, д) *Staphylococcus aureus*, е) *Listeria monocytogenes*, ж) *Bacillus cereus*, з) *Salmonella sp.* Бактериальные закваски: 1 – Christian Hansen Safe Pro B-LL-20, 2 – Christian Hansen Bactoform F-SC-111, 3 – Schaller Start Star, 4 – Danisco Texel DCM-1, 5 – *L. plantarum* 8P-A3, 6 – *B. bifidum*, 7 – *L. plantarum* 8P-A3: *B. bifidum*



Результаты, полученные с использованием обоих указанных методов, свидетельствуют о наличии антагонистической активности практически у всех заквасок, причем большую ингибирующую активность проявляли закваски на основе *Lactobacillus* и *Pediococcus*, тогда как закваска на основе *Staphylococcus* обладала меньшей активностью.

Исследование антиоксидантных свойств бактериальных заквасок проводили *in vitro* в отношении свободных радикалов 1,1 - дифенил-2-пикрилгидрозила (ДФПГ) (рисунок 6).

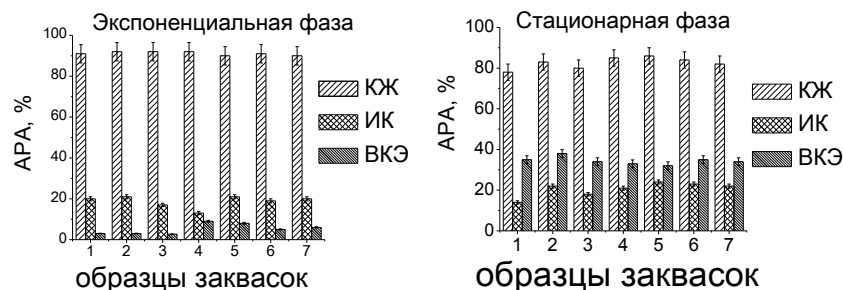


Рисунок 6 – Антирадикальная активность бактериальных заквасок в экспоненциальной и стационарной фазах роста: 1 – Christian Hansen Safe Pro B-LL-20, 2 – Christian Hansen Bactoform F-SC-111, 3 – Schaller Start Star , 4 – Danisco Texel DCM-1, 5 – *L. plantarum* 8P-A3, 6 – *B. bifidum*, КЖ – культуральная жидкость, ИК – интактные клетки, ВКЭ – внутриклеточный экстракт

Впервые была показана антиоксидантная активность (АОА) исследованных заквасок в отношении свободных радикалов ДФПГ, причем максимальное значение (92%) наблюдалось в культуральной жидкости в экспоненциальной фазе роста. Высокая АОА культуральной жидкости микроорганизмов бактериальных заквасок позволяет предположить, что ключевым звеном в противоокислительной защите являются внеклеточные антиоксиданты, в связи с чем антиоксидантными свойствами будут обладать продукты ферментации субпродуктов.

После экспериментального определения биотехнологических свойств бактериальных заквасок изучали их влияние на свойства говяжьих субпродуктов.

Характер изменения белкового профиля субпродуктов в процессе молочнокислой ферментации, представленный на рисунке 7, указывает на наличие у заквасок протеолитической активности, а повышение доли водо- и солерастворимых белков субпродуктов свидетельствует о повышении их усвояемости. Характер изменений близок у всех заквасок. Среди исследованных субпродуктов наиболее подверженными протеолиту оказались селезенка и легкое, наименее – рубец.

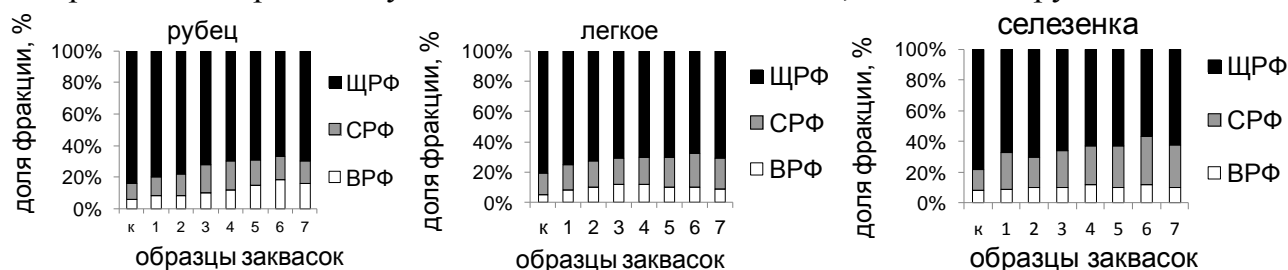


Рисунок 7 - Изменение фракционного состава белка субпродуктов в процессе биотрансформации: 1 – Christian Hansen Safe Pro B-LL-20, 2 – Christian Hansen Bactoform F-SC-111, 3 – Schaller Start Star , 4 – Danisco Texel DCM-1, 5 – *L. plantarum* 8P-A3, 6 – *B. bifidum*, ВРФ - водорастворимая фракция, СРФ – солерастворимая фракция, ЩРФ - щелочерастворимая фракция белка

В качестве дополнительного показателя деструктивных изменений белка рассматривается антиоксидантная емкость (АОЕ) метаболитов протеолиза. Исследование данного показателя в белковых фракциях субпродуктов, отличающихся растворимостью, проводили по отношению к пероксильному радикалу и к катион-радикалу 2'2'-азинобис-(3-этил-бензотиазолинсульфонат) (АБТС). Результаты исследования по первому методу представлены на рисунке 8.

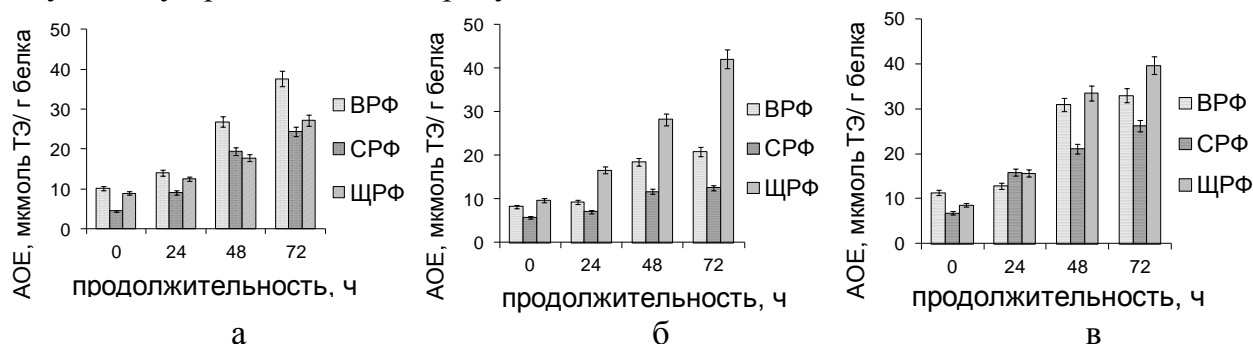


Рисунок 8 – Изменение АОЕ по отношению к пероксильному радикалу в процессе биотрансформации субпродуктов под действием *B. bifidum*: ВРФ - водорастворимая фракция, СРФ – солерастворимая фракция, ЩРФ - щелочерастворимая фракция белка; а – рубец, б – легкое, в – селезенка

В ходе исследования установлено, что молочнокислая ферментация субпродуктов приводит к повышению АОЕ интермедиатов протеолиза в среднем в 2-4 раза, что свидетельствует об активном протеолизе. Кроме того, выявленные антиоксидантные свойства образцов свидетельствуют о появлении биофункциональных свойств у обработанного сырья.

Изучение процесса биотрансформации субпродуктов на тканевом уровне дополнили данными сравнительного гистологического исследования их микроструктуры. Микроструктурный анализ тканей субпродуктов показывает наибольшие изменения морфологической структуры под действием закваски на основе бактерий рода *Lactobacillus*. Так, в процессе ферментации происходит дискомплексация клеток красной пульпы, разрыхление гладких миоцитов стенки сосудов и выраженная дискомплексация клеток белой пульпы. Отмеченные изменения объясняются суммарной протеолитической активностью микроорганизмов заквасок, снижением pH среды до значений, оптимальных для набухания коллагена, автолитической деструкцией под влиянием катепсинов.

Сравнительный анализ изменения микрофлоры субпродуктов в процессе молочнокислой ферментации представлен на рисунке 9, на примере наиболее обсемененного мясного объекта – рубца.

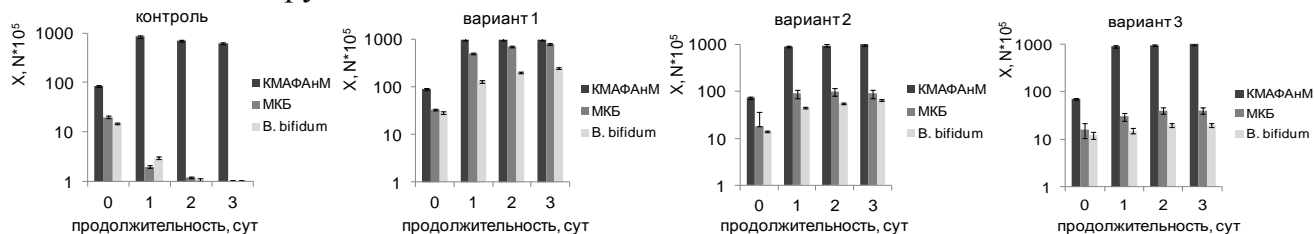


Рисунок 9 – Изменение количества и состава микрофлоры рубца в процессе биотрансформации. Концентрация закваски: контроль – 0, вариант 1 – 10<sup>7</sup> КОЕ/ г, вариант 2 – 10<sup>6</sup> КОЕ/ г, вариант 3 – 10<sup>5</sup> КОЕ/ г

В ходе исследования был выявлен ингибирующий эффект бактериальных заквасок в отношении микрофлоры нативных субпродуктов, причем максимальное действие оказывала закваска на основе *Lactobacillus*.

Одним из параметров качества процесса биотехнологической трансформации коллагенсодержащего сырья является степень деструкции белка, характеризующая переход труднодоступного для пищеварительных ферментов белка в легкодоступную форму. Для достижения максимальной степени деструкции белковой фракции говяжьих субпродуктов и, соответственно, эффективности процесса биотрансформации проводили оптимизацию его условий. Критериями оптимизации являлись степень гидролиза белка ( $Y_1$ ), степень высвобождения гидрофильного белка ( $Y_2$ ) и содержание аминного азота в среде ( $Y_3$ ). Варьируемыми переменными являлись продолжительность процесса, концентрация закваски и соотношение микроорганизмов в закваске. После определения допустимой области значений параметров оптимизации была построена матрица ортогонального композиционного планирования. Проведя параметрическую идентификацию, получили регрессионные уравнения зависимости степени деструкции белка субпродуктов от условий процесса. Функции отклика для рубца имеют вид:

$$y_1 = 17,22 + 2,51x_1 + 1,06x_3 - 2,01x_1^2 - 2,92x_2^2 - 2,12x_3^2;$$

$$y_2 = 3,93 + 0,43x_1 + 0,22x_3 - 0,44x_1^2 - 0,48x_2^2 - 0,21x_3^2;$$

$$y_3 = 0,32 - 0,02x_1 - 0,03x_1^2 - 0,05x_2^2.$$

Графически эти регрессионные зависимости представлены на рисунке 10.

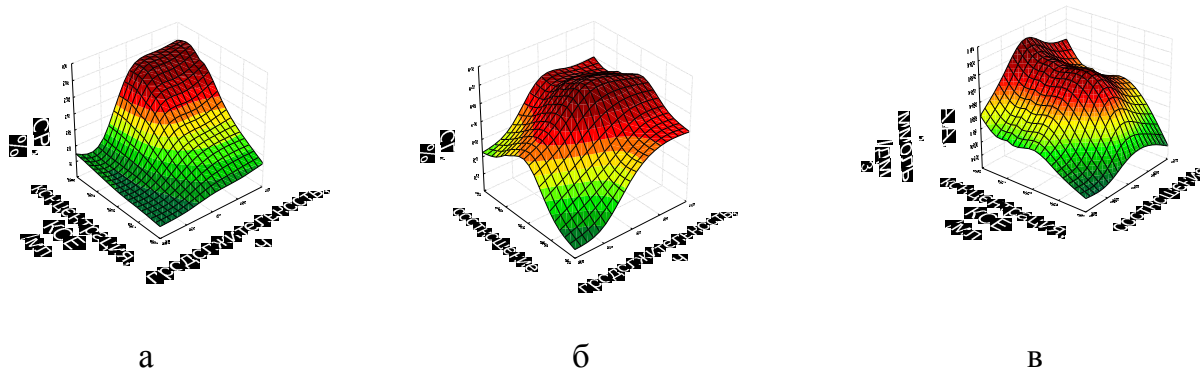


Рисунок 10 – Зависимость степени деструкции белка рубца от варьируемых переменных: а) степень высвобождения гидрофильного белка, б) степень гидролиза белка, в) концентрация аминного азота

Методом обобщенного приведенного градиента были найдены оптимальные значения режимных параметров биотрансформации. Так, продолжительность процесса ферментации для трех исследованных субпродуктов составляет  $52 \pm 4$  ч, соотношение культур *Lactobacillus plantarum* 8P-A3 и *Bifidobacterium bifidum* равно 60% : 40%, количество вносимой биомассы микроорганизмов составляет  $1 \cdot 10^7$  КОЕ/мл.

Найденные значения режимных параметров экзогенной молочнокислой ферментации говяжьих субпродуктов легли в основу опытно-промышленного технологического регламента проведения процесса биотехнологической трансформации, технологическая схема которого представлена на рисунке 11.

Отличительным свойством продукта разработанной технологии – пищевой белковой композиции – является относительно высокое содержание белка ( $15,6 \pm 0,8\%$ ) при низком содержании жира ( $2,8 \pm 0,2\%$ ).

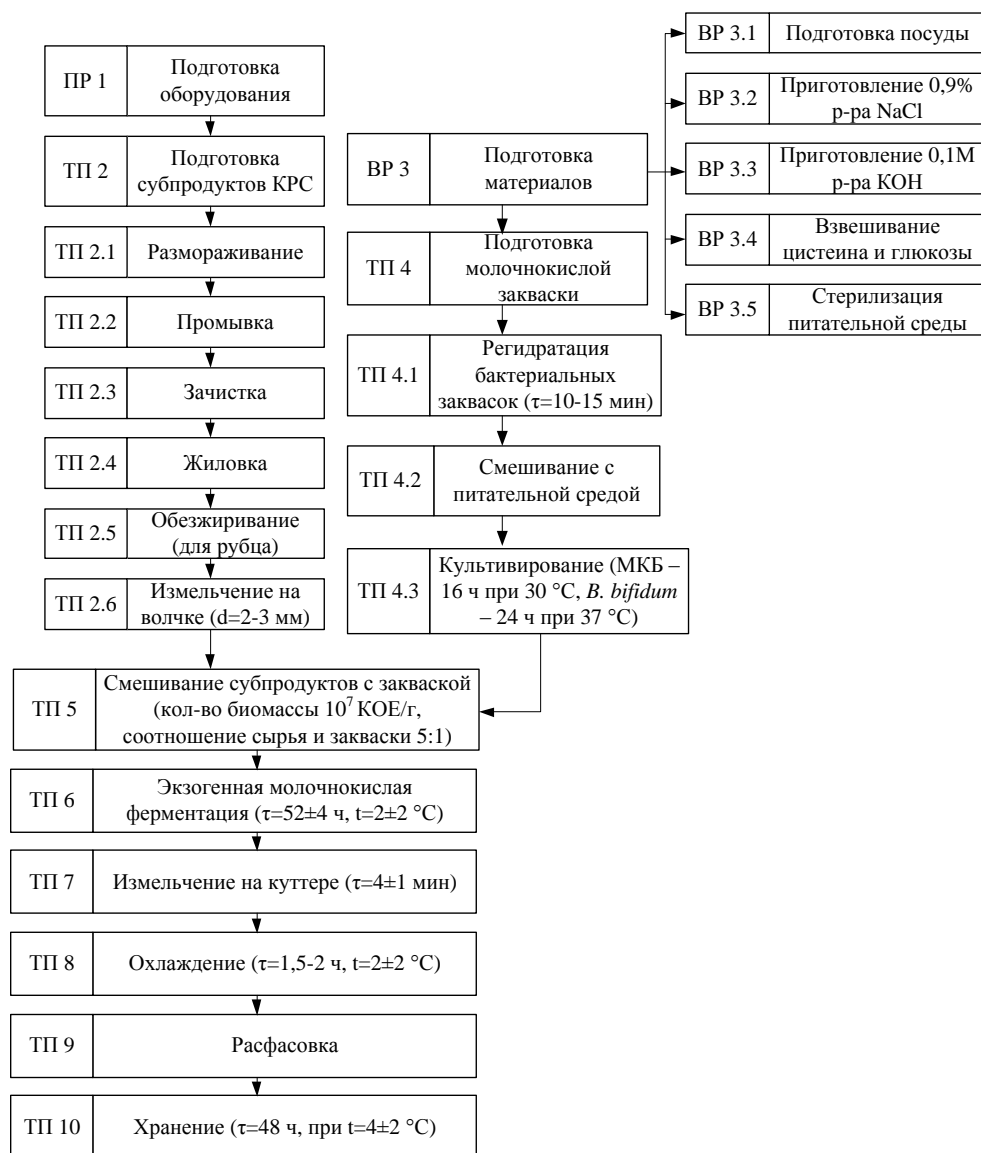


Рисунок 11 – Принципиальная технологическая схема биотехнологической трансформации говяжьих субпродуктов

В главе 4 «Оптимизация состава комбинированных мясных продуктов и разработка технологий их производства» представлены результаты разработки технологий производства мясных продуктов с использованием пищевой белковой композиции, алгоритм и программа оптимизации их состава и результаты исследования их качественных показателей.

Для выявления адекватного уровня замены мясного сырья на белковую композицию проводили оптимизацию состава разрабатываемых мясных изделий. При большом количестве факторов оптимизации приоритетными были приняты биологическая ценность (БЦ) и стоимость, а функционально-технологические свойства (ФТС) и органолептические характеристики учитывались в виде граничных условий.

Исходя из результатов анализа ФТС (таблица 1) и органолептических характеристик (рисунок 12), доля белковой композиции была принята в количестве 10% как для вареной колбасы, так и для рубленых полуфабрикатов.

Таблица 1 – ФТС и выход образцов колбасы вареной «Гутерма»

Пока- затель	Значение показателя, %									
	Кон- троль	Опытные образцы с ПБК:								
		Christian Hansen Safe Pro B-LL-20			Schaller Start star			<i>Lactobacillus plantarum 8P-A3</i>		
		Доля замены мясного сырья, %								
		5	10	15	5	10	15	5	10	15
ВСС	81,3	79,9	77	75,3	80,9	79,5	75,2	80,6	78,4	76,8
Выход	75.0	79.6	81	84.6	78.9	81.9	86.2	79.9	82.1	85.7

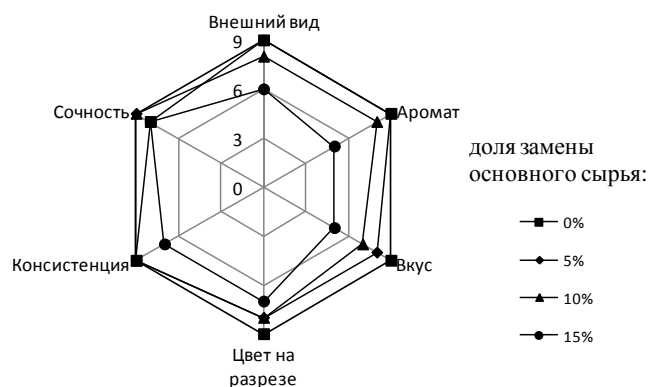


Рисунок 12 – Результаты органолептической оценки вареных колбасных изделий при вариации доли ПБК в их составе

С помощью разработанной на кафедрах технологии пищевых производств и технологии мясных и молочных продуктов компьютерной программы «Optifood» был оптимизирован состав белковой композиции с учетом биологической ценности и стоимости (рисунок 13). Максимальное значение БЦ, равное 64,83%, достигается при содержании ферментированных рубца, легкого и селезенки в соотношении 3:1:1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Сырье	Аминокислоты								Цена	Массовые доли (в %)	Стоимость
2		Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метонин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин			
3	Говядина 1 сорта	5,5	4,1	7,9	8,5	2,3	4,3	1,07	3,7	210,00	55,00	115,50
4	Свинина полужирная	5,7	4,8	7,3	8,4	2,3	4,4	1,3	4,00	160,00	25,00	40,00
5	Селезенка говяжья	6,5	2,4	6,4	6,2	1,8	4,2	0,8	3,9	30,00	6,00	1,80
6	Рубец говяжий	3,8	3,4	6,00	5,8	1,6	3,5	0,9	3,4	50,00	2,00	1,00
7	Легкое говяжье	7,02	2,4	7,1	5,7	0,7	3,4	0,9	3,4	40,00	2,00	0,80
8	Шпик боковой	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	10,00	10,00
9	Итого										100,00	169,10
10												
11	АМК состав продукта	5,06	3,72	6,82	7,38	1,99	3,86	1,00	3,41			33,22
12	Эталон	5,00	4,00	7,00	5,50	3,50	4,00	1,00	6,00			
13	АКС	101,13	92,88	97,37	134,13	56,97	96,38	99,75	56,75			56,75
14	dPAC	44,38	36,13	40,62	77,38	0,22	39,63	43,00	0,00			281,35
15	KPAC					35,17						
16	БЦ					64,83						
17	ai	0,56	0,61	0,58	0,42	1,00	0,59	0,57	1,00			
18	Al*ai	2,84	2,27	3,97	3,12	1,99	2,27	0,57	3,41			20,43
19	U					0,62						
20	БЦ/Стоимость					0,38						

Рисунок 13 – Окно вывода результатов оптимизации

Введение в рецептуры мясных продуктов пищевой белковой композиции вызвало необходимость модификации технологических схем их производства.

Промышленная апробация разработанных технологий производства мясных продуктов проведена на мясоперерабатывающем предприятии «ИП Мутигуллин Р.М.» (г.

Мамадыш, РТ) и в Филиале ОАО «ВАМИН Татарстан» «Алексеевский молочно-консервный комбинат»» (п.г.т. Алексеевское, РТ).

Результаты показали, что замена мясного сырья на пищевую белковую композицию позволяет получать мясные изделия с традиционными органолептическими характеристиками без потери биологической ценности и снижения технологических свойств.

Был произведен расчет технико-экономических показателей производства комбинированных мясных продуктов с заменой основного мясного сырья на пищевую белковую композицию в количестве 10% со сменной производительностью в 3 тонны. За счет замены части основного мясного сырья на белковую композицию происходит снижение себестоимости единицы продукции колбасных изделий на 13 тыс. руб., рубленых полуфабрикатов на 23 тыс. руб. Расчетный годовой экономический эффект от внедрения технологий составляет 3788 и 1496 тыс. руб., соответственно.

Результаты определения технико-экономической эффективности внедрения пищевой белковой композиции подтверждают целесообразность и экономическую оправданность ее использования в технологиях мясных продуктов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экспериментально обоснован метод биотехнологической трансформации говяжьих субпродуктов при помощи молочнокислой ферментации, позволяющий улучшить их органолептические, санитарно-гигиенические и функционально-технологические свойства.
2. Методом ортогонального центрального композиционного планирования определены оптимальные значения условий процесса биотрансформации (продолжительность процесса -  $52 \pm 4$  ч, концентрация вносимой закваски  $1 \cdot 10^7$  КОЕ/мл, соотношение культур *Lactobacillus plantarum* 8P-A3 и *Bifidobacterium bifidum* в закваске 0,6 : 0,4), обеспечивающие максимальную степень деструкции белка.
3. Разработан технологический процесс биотрансформации говяжьих субпродуктов, предложена его аппаратурно-технологическая схема и утвержден регламент производства пищевой белковой композиции.
4. Экспериментально обосновано использование получаемой пищевой белковой композиции в технологии комбинированных мясных продуктов, сформулирован критерий оптимизации ее состава, учитывающий биологическую ценность белка и стоимость компонентов сырья, на его основе оптимизирован состав композиции с соотношением компонентов рубец: легкое: селезенка, равным 3:1:1.
5. Усовершенствованы и прошли опытно-промышленную апробацию технологии производства вареной колбасы и рубленых полуфабрикатов с использованием пищевой белковой композиции. Проведенное технико-экономическое обоснование позволило рассчитать экономическую эффективность внедрения этих технологий на предприятии мощностью 3 т продукции в смену. Расчетный годовой экономический эффект для рубленых полуфабрикатов составляет 1496 тыс. руб., для колбасных изделий 3788 тыс. руб.

## **Основные результаты диссертации изложены в следующих работах:**

*Статьи, опубликованные в журналах из перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определяемого ВАК Минобрнауки РФ:*

- 1 Зинина О.В., Ребезов М.Б., Жакслыкова С.А., Солнцева А.А. Полуфабрикаты мясные рубленые с ферментированным сыром // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. №3. С.19–25.
- 2 Хабибуллин Р.Э., Яковлева Г.Ю., Жакслыкова С.А., Низамиева А.Р. Влияние молочнокислой микрофлоры на санитарно-гигиенические показатели говяжьих субпродуктов // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т.15. №23. С. 123–126.
- 3 Жакслыкова С.А., Хабибуллин Р.Э., Яковлева Г.Ю., Решетник О.А. Биохимическая активность бифидобактерий в отношении говяжьих субпродуктов 2 категории // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. №11. С. 202–206.
- 4 Хабибуллин Р.Э., Жакслыкова С.А., Низамиева А.Р., Яковлева Г.Ю., Решетник О.А. Сравнительная характеристика питательных сред для регидратации и реактивации лиофилизированных бактериальных заквасок // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 10. С. 257–260.
- 5 Жакслыкова С.А., Хабибуллин Р.Э., Яковлева Г.Ю., Решетник О.А. Антагонистическая активность бактериальных молочнокислых заквасок // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. № 10. С.152–155.
- 6 Карамова Н.С., Хабибуллин Р.Э., Жакслыкова С.А., Мирошник Н.Б., Решетник О.А. Антиоксидантная активность промышленных бактериальных заквасок // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №10. С. 190–194.
- 7 Жакслыкова С.А., Хабибуллин Р.Э., Решетник О.А. Подходы к оптимизации состава сбалансированных мясопродуктов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №10. С. 242–247.
- 8 Хабибуллин Р.Э., Жакслыкова С.А., Решетник О.А. Современные программы автоматизированного расчёта рецептов комбинированных пищевых продуктов // Вестник Казанского технологического университета. 2013.Т. 16. № 11. С. 217–219.

## *Прочие публикации и материалы конференций:*

- 9 Жакслыкова С.А. Разработка способа модификации говяжьего рубца // Пищевые технологии и биотехнологии: материалы 12 международной конференции молодых ученых. Казань. 2012 г. С. 56.
- 10 Жакслыкова С.А., Чернева А.В. Оценка свойств рубленых полуфабрикатов с добавлением модифицированного легкого // Пищевые продукты и здоровье человека: материалы международной научно-практической конференции. Кемерово. 2012 г. С. 93.
- 11 Жакслыкова С.А., Хабибуллин Р.Э., Решетник О.А. Перспективность использования биотрансформированного вторичного сырья в технологии мясных продуктов // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы 7 Московского международного конгресса. Москва. 2013 г. С. 79.
- 12 Жакслыкова С.А., Хабибуллин Р.Э., Решетник О.А. Научные основы производства мясных изделий с использованием биотрансформированного вторичного сырья мясной промышленности // Биотехнология и качество жизни: материалы международной научно-практической конференции. Москва. 2014 г. С. 361 – 362.

13 Жакслыкова С.А., Хабибуллин Р.Э., Решетник О.А. Изучение характера ферментолитической активности субпродуктов 2 категории в процессе их молочнокислой ферментации заквасок // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы 8 Московского международного конгресса. Москва. 2015 г. С. 409 – 410.

Автор выражает глубокую признательность научным руководителям за помощь и ценные советы при проведении работы и обсуждении ее результатов.

Заказ

Тираж 100 экз.

ИЗДАТЕЛЬСТВО КАЗАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Офсетная лаборатория Казанского национального исследовательского технологического университета. 420015, Казань, К. Маркса, 68